

===== WPI =====

TI - 3D position detector used for painting robot, welding robot for object position measurement - scans image memory to determine part of image of ring light registered into registration memory

AB - J09061117 The detector has a ring laser light source (1) which radiates a cone shaped ring light (12) towards an object. A camera (3) which has a vertical optical axis obtains the image of an object illuminated with the ring light. The output of the camera is stored in an image memory (5). The image of the ring light is stored beforehand in a registration memory (7).
- A correlation calculator (8) detects a part of the image of ring light while scanning the image memory. The coordinates of the detected area is obtained by an image coordinates detector (9). Based on the detected coordinates. The distance of the object is computed by a 3D coordinates calculation part (10).

- ADVANTAGE - Eliminates need for scanning laser light. Eliminates need for moving element like scanner. Improves measurement precision. Reduces processing time.
- (Dwg. 1/5)

PN - JP9061117 A 19970307 DW199720 G01B11/00 007pp
PR - JP19950221840 19950830
PA - (MITO) MITSUBISHI JUKOGYO KK
MC - S02-A03B S02-A06C T01-C02B1E T01-J08A X25-A03E
DC - S02 T01 X25
IC - G01B11/00 ;G06T1/00 ;G06T7/00
AN - 1997-215957 [20]

===== PAJ =====

TI - THREE-DIMENSIONAL POSITION DETECTOR

AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To measure the distance to an object by picking up the image of a ring beam applied to the object with a camera and detecting one portion or the entire part of the image which is registered in advance from the picked-up images along one scanning line on an image memory in the horizontal direction.
- SOLUTION: The image of a ring beam 12 is stored in a registration memory 7 in advance and an image outputted from a camera 3 is stored at an image memory 5. An image obtained by binarizing the image from the memory 5 and a registered image from the memory 7 are inputted to a correlation operator 8. Since the ring beam image travels only in lateral direction on the memory 5, the operator 8 detects one or a plurality of regions which are highly correlated to one portion or the entire part of the registered image in the memory 7, namely those which extremely match, and output them to an image coordinate detection means 9. The means 9 detects the center image coordinates of a ring beam image inducing the region from one portion or the entire part of the registered image based in the input from the operator 8. The center coordinates of the ring beam image detected by the means 9 are inputted to a three-dimensional coordinate calculating means 10, thus calculating the distance to a target surface.

PN - JP9061117 A 19970307
PD - 1997-03-07
ABD - 19970731
ABV - 199707
AP - JP19950221840 19950830
PA - MITSUBISHI HEAVY IND LTD
IN - NAKAYAMA HIROYUKI
I - G01B11/00 ;G06T7/00 ;G06T1/00

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-61117

(43)公開日 平成9年(1997)3月7日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/00			G 0 1 B 11/00	H
G 0 6 T 7/00			G 0 6 F 15/62	4 1 5
1/00			15/64	M

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全7頁)

(21)出願番号 特願平7-221840

(22)出願日 平成7年(1995)8月30日

(71)出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72)発明者 中山 博之

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

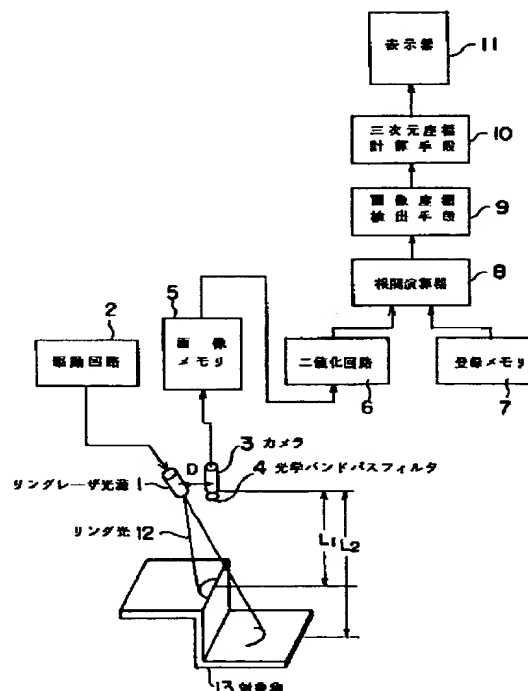
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 三次元位置検出装置

(57)【要約】

【課題】レーザ光軸に対し全周方向に対象物の部材端部を検出でき、レーザ光を走査する必要がなく、装置を小型化でき、スキャナのような可動部がなく済み信頼性が高く、計測精度が高く、処理時間が短い三次元位置検出装置を提供。

【解決手段】円錐状の拡がりを持つリング光12を照射するリングレーザ光源1と、この光源1の投影中心と自己のレンズ中心とを結ぶ直線に対して垂直な方向に光軸を有するカメラ3と、カメラからの出力画像を記憶する画像メモリ5と、リング光12の画像を登録しておく登録メモリ7と、画像メモリ5内の一走査線に沿って横方向に移動しながら登録メモリ7の登録画像の少なくとも一部を検出する相関演算器8と、相関演算器8により検出された領域の画像上での座標を検出する画像座標検出手段9と、この検出手段9により検出された座標から対象物13までの距離を計算する三次元座標計算手段10とを具備。



【特許請求の範囲】

【請求項1】円錐状の拡がりを持つリング光を照射するリングレーザ光源と、

このリングレーザ光源の投影中心と自己のレンズ中心とを結ぶ直線に対して垂直な方向に光軸を有するカメラと、

このカメラから出力される画像を記憶するための画像メモリと、

前記リング光の画像を予め登録しておく登録メモリと、前記画像メモリ内の一走査線に沿って横方向に移動しながら前記登録メモリに登録されているリング光の画像の少なくとも一部を検出する相関演算器と、

この相関演算器により検出された領域の画像上での座標を検出する画像座標検出手段と、

この画像座標検出手段により検出された座標から対象物までの距離を計算する三次元座標計算手段とを有し、前記対象物に向かって照射された前記リング光を前記カメラで撮像し、撮像された画像中から予め登録されている画像の一部または全部を画像メモリ上の一走査線に沿って横方向に検出することにより、対象物までの距離を計測する事を特徴とする三次元位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、塗装ロボットや溶接ロボットなどの産業用ロボットに装備され、塗装作業や溶接作業などを行なう際の対象物までの距離計測や端部検出等に用いられる三次元位置検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】塗装ロボットや溶接ロボットなどの産業用ロボットに、目的とする作業をさせる場合、当該ロボットにどのような作業を行なうべきかを指示する作業データを予め与えておく必要がある。最も簡単な作業データの与え方として、所謂ティーチングプレイバック方式がある。このティーチングプレイバック方式は、作業対象物を設置した状態において、操作員が産業用ロボットをマニュアル操作で動かし、このときの操作データを記憶させ、この記憶させたデータを用いて以降の作業行なわせるものである。

【0003】しかしながら上記ティーチングプレイバック方式では、実際の作業時において対象物をデータ入力時と全く同一の状態に設置しなければならないため、工数の多い上、作業効率が低いなどの欠点がある。しかも、産業用ロボット自身のたわみや、外乱に弱いといった問題もある。

【0004】そこで、産業用ロボットの手先、または他の位置から対象物までの位置を計測し、産業用ロボットとの相対的な位置関係を求めて位置決めをする装置が必要となる。なお、対象物の表面を産業用ロボット自身が做うことができれば、ティーチングプレイバック方式によるデータ入力の必要がなくなり、工数の削減、作業効

率の向上が期待できる。

【0005】図4は、従来の三次元位置検出装置を示す図であって、産業用ロボットの手先または他の位置に取付けられ、対象物までの距離や形状を計測するものとなっている。図4に示すように、この三次元位置検出装置においては、スリットレーザ光源14から出射されたスリット光15が、対象物13に向かって照射される。スリットレーザ光源14はレーザ管の前に円柱レンズ（不図示）を設置したものであり、駆動回路2から電源を供給されて駆動されると、レーザビーム光をスリット光15に変換して出力するものである。

【0006】対象物13に照射されたスリット光15はカメラ3により撮像される。カメラ3は、スリット光15の平面に対して垂直な方向に、スリットレーザ光源14から一定距離Dだけ離れた位置に設置されている。カメラ3の前には光学バンドパスフィルタ4が装着されている。光学バンドパスフィルタ4は、その最大透過波長を、スリットレーザ光源14の発振波長に合わせてあり、透過波長幅を十分狭くしてある。こうすることにより、カメラ3が撮像する画像にはスリット光15のみが写ることとなる。

【0007】カメラ3から出力される画像は、画像メモリ5に記憶される。画像メモリ5に記憶された画像は、上部の走査線から順次水平方向に読み出され、二値化回路6に入力される。

【0008】二値化回路6は、入力された画像の濃度を予め設定された閾値と比較し、閾値以上の濃度であればH信号を出力し、閾値未満の濃度であればL信号を出力するものとなっている。二値化回路6の出力は画像座標検出手段9に入力する。

【0009】画像座標検出手段9は、二値化回路6からの画像転送開始時において「0」にリセットされて走査線数を計数する第1のカウントと、各走査線の最初において「0」にリセットされてデータ数を計数する第2のカウントとから構成されている。そして二値化回路6からH信号のデータが入力されると、その時の第1のカウントの値を画像上の縦座標（j座標）とし、第2のカウントの値を横座標（i座標）として出力する。座標検出手段9から出力された座標値（i, j）は三次元座標計算手段10に入力される。

【0010】カメラ3は、前述したように、スリット光15の平面に垂直な方向にスリットレーザ光源14から距離Dだけ離れた位置に設置されているため、カメラ3から対象物13までの距離L1, L2により画像上に写るスリット光15の位置が異なる。

【0011】図5の（a）は、カメラ3の左側にスリットレーザ光源14が位置している場合におけるスリット光像の位置変化の様子を示している。図5の（a）の下側にあるスリット光像は距離L1の位置を示しており、上側にあるスリット光像は距離L2の位置を示してい

る。即ち、画像上でのスリット光15の*i*座標が対象物13までの距離を示しており、図の左に行くほどカメラ3に近いことになる。これは公知の三角測量の原理である。

【0012】図4に説明を戻す。三次元座標計算手段10では入力される座標値(*i*, *j*)の*i*座標に注目して、三角測量の原理により、対象物13までの距離が求められる。三次元座標計算手段10で求められた対象物13までの距離は、表示器11に表示される。また上記の距離情報は、産業用ロボットに直接入力されて、産業用ロボットの制御に使用される。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来の装置では、スリット光15を用いているために、図5の(a)に示すように、対象物13の部材端部とスリット光15とが略直交しているときには、対象物13の端部値が行なえるが、図5の(b)に示すように対象物13の部材端部とスリット光15とがほぼ平行となっている時には、対象物13の部材端部が不明となる。このため、スリット光15をスキャナなどにより別途走査して検出する必要があり、装置が大型化する。また、スリット光15の形状が単純なため、画像上に何らかのノイズが入ったときに、真実のスリット光像とノイズとの区別がつかず、誤計測してしまうおそれがある。更に、スリット光15が画像上の全ての領域に撮像される可能性があり、常に画像全体が処理対象となるため、長い処理時間を要するといった問題があった。

【0014】本発明の目的は下記効果を奏する三次元位置検出装置を提供することにある。

(a) レーザ光軸に対して全周方向に対象物の部材端部を検出することができ、レーザ光を走査する必要がなく、装置を小型化でき、かつ、スキャナのような可動部がなく済むため信頼性が向上する。

【0015】(b) 小さなノイズや、形の異なるノイズとの区別を明確に行なえ、誤計測が極めて少なくなり、計測精度の向上が図れる。

(c) 検出に当たっては画像メモリ上の一走査線上のみの探索で済み、処理時間の短縮が図れる。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決し目的を達成するために、本発明においては以下に示す手段が用いられている。本発明の三次元位置検出装置は、円錐状の拡がりを持つリング光を照射するリングレーザ光源と、このリングレーザ光源の投影中心と自己のレンズ中心とを結ぶ直線に対して垂直な方向に光軸を有するカメラと、このカメラから出力される画像を記憶するための画像メモリと、前記リング光の画像を予め登録しておく登録メモリと、前記画像メモリ内の一走査線に沿って横方向に移動しながら前記登録メモリに登録されているリング光の画像の少なくとも一部を検出するための相関演

算器と、この相関演算器により検出された領域の画像上での座標を検出する画像座標検出手段と、この画像座標検出手段により検出された座標から対象物までの距離を計算する三次元座標計算手段とを備え、前記対象物に向かって照射された前記リング光を前記カメラで撮像し、撮像された画像中から予め登録されている画像の一部または全部を画像メモリ上の一走査線に沿って横方向に検出することにより、対象物までの距離を計測するように構成されている。

【0017】上記三次元位置検出装置においては、リングレーザ光源から対象物に向かってリング光が照射される。一方、カメラはリングレーザ光源の投影中心と自己のレンズ中心とを結ぶ直線に対して垂直な方向に光軸を有しており、カメラの光軸とリングレーザ光源の投影中心とを含む平面と対象物平面との成す交線が、カメラ光軸と直交するように対象物を撮像すると、画像上でのリング光像は常に同じ大きさで、かつ、カメラと対象物の距離に応じて画像上を横方向に移動するのみとなる。そこで、リング光の画像を予め登録メモリに記憶させておき、カメラから出力される画像は画像メモリに記憶させる。相関演算器には画像メモリからの画像を二値化した画像と、登録メモリからの登録画像とが入力される。

【0018】上述のようにリング光像は画像メモリ上を横方向にしか移動しないため、相関演算器では、画像メモリ上の一定の*j*座標において、登録メモリ内の登録画像の一部または全部と相関の高い領域、即ちよく一致する領域を、1個または複数個検出し、画像座標検出手段に出力する。

【0019】画像座標検出手段では、相関演算器からの入力に基づいて登録画像の一部または全部から、その領域を含むリング光像の中心の画像座標が検出される。画像座標検出手段で検出されたリング光像の中心座標は、三次元座標計算手段に入力され、対象物表面までの距離が計算される。

【0020】

【発明の実施の形態】

(第1実施形態) 図1は、本発明の第1実施形態に係る三次元位置検出装置の構成を示す図である。図1に示すように、リングレーザ光源1から出射されたリング光12は、対象物13に向けて照射される。リングレーザ光源1は、レーザ管の前に円錐レンズ(不図示)を設置したものであり、駆動回路2から電源を供給されて駆動されると、レーザビーム光をリング光15に変換して出力するものである。

【0021】カメラ3はリングレーザ光源1の投影中心と自己のレンズ中心とを結ぶ直線に対して垂直な方向に光軸を有しており、カメラ3の光軸とリングレーザ光源1の投影中心を含む平面と、対象物13の平面との成す交線が、カメラ光軸と直交するように対象物を撮像する。

【0022】カメラ3の前面には光学バンドパスフィルタ4が装着されている。光学バンドパスフィルタ4は、最大透過波長をリングレーザ光源1の発振波長と合わせてあり、透過波長幅を十分狭くしてある。こうすることにより、カメラ3が撮像する画像にはリング光12のみが写ることになる。上記撮像系による位置検出の原理について、図2を用いて説明する。

【0023】図2の(a)は本装置における撮像系における座標系を示す図である。カメラ3のレンズ中心に座標系の原点を置き、カメラ3の光軸方向をZ軸、原点からレーザの投影中心に向かう軸をX軸、このX軸とZ軸とを含むXZ平面に垂直な向きをY軸とする。

【0024】リング光12は、レーザ投影中心を頂点と

$$P1 = (L, D + \tan \theta 1)$$

$$P2 = (L, D + \tan \theta 2)$$

従って、位置P1およびP2からカメラ3の撮像面への像の入射角は、次式で表される。

$$\omega 1 = \tan^{-1} \{ (D + L \tan \theta 1) / L \}$$

$$\omega 2 = \tan^{-1} \{ (D + L \tan \theta 2) / L \}$$

この結果、撮像面でのリング光像の大きさxは、(3)式となる。

$$x = f (\tan \omega 2 - \tan \omega 1)$$

$$= f [\{ (D + L \tan \theta 2) / L \} - \{ (D + L \tan \theta 1) / L \}]$$

$$= f (\tan \theta 2 - \tan \theta 1) \quad \dots (3)$$

(3)式から明らかなように、リング光像の大きさxは、距離Lに依存していない。

【0029】即ち距離Lが変化しても、リング光像の大きさは一定である。上式を用いて、X軸周りの全ての平面について同様の計算が行なえる。またレーザ投影中心と、カメラ3のレンズ中心とがX軸上に並ぶように設置されている為、図2の(a)の紙面に垂直な方向では $\theta 1 = \omega 1$ 、 $\theta 2 = \omega 2$ となり、これも距離Lには無関係

$$x_0 = f \{ (D + L \tan \theta) / L \}$$

$$= (f D / L) + f \tan \theta$$

... (4)

即ち、カメラ3と対象物13の距離Lに反比例して横方向に移動する。縦方向には、レーザ投影中心とカメラ3のレンズ中心とがX軸上に並ぶように設置されているため移動は生じない。

【0032】以上のことをまとめると、図2の(b)に示すように、同じ大きさのリング光像が、距離Lが小から大へと変化するのに伴って、画像上を左から右に向かって移動することになる。このときのリング光像の中心位置の直線軌跡を以下エピソードラインと呼ぶ。

【0033】図1に説明を戻す。登録メモリ7には、予め平板などにリング光12を照射した結果得られる完全な形のリング光像を記憶させておく。相関演算を簡単にするため、登録画像は二値化しておく。

【0034】カメラ3から出力される画像は、画像メモリ5に記憶される。画像メモリ5から出力される画像は、二値化回路6に入力される。二値化回路6は、入力

する円錐形の拡がりを持ち、その拡がり角をZ軸に平行な直線から見てそれぞれ $\theta 1$ 、 $\theta 2$ とする。またカメラ3はレンズの中心から焦点距離fだけ離れた位置に撮像面を有し、対象物面に照射されたリング光12の位置P1、P2からの像の入射角をそれぞれ $\omega 1$ 、 $\omega 2$ とする。

【0025】以上の状態で、まずリング光像の大きさについて求めると、図2の(a)のxがリング光の大きさを示すことになる。次に、カメラ3から距離Lだけ離れた位置にある対象物面上のリング光12の位置P1およびP2は(1)式で表される。

【0026】

【0027】

【0028】

に一定の大きさとなる。

【0030】以上のことから、カメラ3にて撮像されるリング光12の画像は、カメラ3と対象物13の距離Lによらず全く同一の大きさ、形状であることが判る。次に、リング光像の画像上での中心位置を求める。撮像面上での中心位置 x_0 は、(4)式で表される。

【0031】

された画像の濃度を予め設定された閾値と比較し、閾値以上の濃度であればH信号を出力し、閾値未満の濃度であればL信号を出力する。

【0035】図3の(a)は、図1のような段差を持つ対象物13を撮像したときに得られる二値化画像の一例を示す図である。図3の(a)から明らかなように、対象物13の上段の平面で反射したリング光12の一部分は画面の左側に、また下段の平面で反射したリング光12の一部分は画面の右側に、それぞれ分れて撮像される。

【0036】二値化回路6の出力および登録メモリ7の出力は相関演算器8に入力される。相関演算器8は、論理積回路とカウンタとで構成されており、入力される二つの二値化画像の両方がH信号のときに相関値を計数するように動作する。

【0037】図3の(b)に示すように、登録メモリ7

には完全な形のリング光像の二値化画像が登録されている。図3の(c)に示すように、図3の(a)のような入力画像に関しては、 $j1 (=j2)$ 座標がエビボーラインとなる。このエビボーラインは、カメラ3とリングレーザ光源1を設置した時点で決定されるので、対象物13の計測時には既知の情報として扱える。

【0038】相関演算器8は、入力画像の左端から順に登録画像の中心位置を1画素づつずらしながら、エビボーライン上に沿って登録画像と入力画像との論理積を求める。登録画像の中心が $(i1, j1)$ 座標に到達すると、入力画像中の対象物13の上部での反射光像と登録画像の左側部分とが一致する。そこで両者の論理積をとると、上部での反射光像分の「H」の領域が得られる。従って、相関演算器8内のカウンタでは、リング光像の約半分の数だけの相関値を計数することになる。

【0039】同様に、登録画像の中心が $(i2, j2)$ 座標に到達すると、入力画像中の対象物13の下部での反射光像と登録画像の右側部分とが一致する。そこで両者の論理積をとると、下部での反射光像分の「H」の領域が得られる。従って相関演算器8内のカウンタでは、リング光像の約半分の数だけの相関値を計数することになる。

$$x_0 = \alpha i$$

ここで、 α は一定の係数で(撮像素子の幅)/(画像メモリの横方向画素数)で求められる。

【0042】三次元座標計算手段10で求められた対象物13までの距離 L は、表示器11に表示される。また距離 L を示す情報は上記産業用ロボットに直接入力されて、産業用ロボットの制御に使用される。

【0043】

【発明の効果】本発明によれば、次のような効果を奏する三次元位置検出装置を提供できる。

(a) ビーム形状が円形であるため、レーザ光軸に対して全周方向に対象物の部材端部を検出することができ、レーザ光を走査する必要がなく、装置を小型化でき、かつ、スキヤナのような可動部がなく、済むため信頼性が向上する。

【0044】(b) リング光の検出において、完全な形のリング光との相関値を求めて、閾値との比較判定を行っているため、小さなノイズや、形の異なるノイズとの区別を明確に行なえ、誤計測が極めて少なくなり、計測精度の向上が図れる。

(c) リング光がエビボーライン上しか移動しないため、その検出に当たっては画像メモリ上の一走査線上のみの探索で済み、処理時間の短縮が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る三次元位置検出装置の構成を示す図。

なる。その他のエビボーライン上の位置では、ほとんど相関値が計数されることはない。

【0040】再び図1に説明を戻す。相関演算器8の出力は画像座標検出手段9に入力される。画像座標検出手段9は、入力される相関値と閾値とを比較する比較回路と、相関演算器8からの相関値入力開始時において「0」にリセットされ、相関値が一つ入力される毎に1づつ計数するカウンタとで構成されており、入力される相関値が登録画像にある程度近いと判断される閾値、例えば登録画像中のリング光像の画素数の約半分の値以上の大きさであるとする、その時のカウンタの値、即ち、画像上での i 座標を出力する。また、 j 座標はエビボーラインの位置であるため、これは固定値($j1$)を出力する。

【0041】画像座標検出手段9から出力される座標は、三次元座標計算手段10に入力される。三次元座標計算手段10においては、入力された座標 $(i1, j1)$ および $(i2, j2)$ の i 座標から、(4)式を用いて対象物13までの距離 L を計算する。ここで i 座標と(4)式の x_0 の関係は(5)式で表される。

$$\dots (5)$$

【図2】本発明の第1実施形態に係る三次元位置検出装置の撮像系による位置検出原理を説明するための図。

【図3】本発明の第1実施形態に係る三次元位置検出装置の作用説明図。

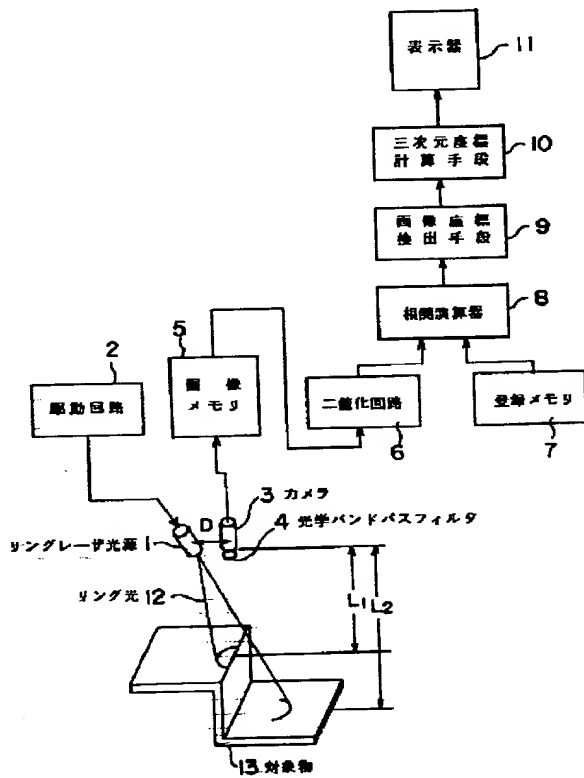
【図4】従来例に係る三次元位置検出装置の構成を示す図。

【図5】従来例に係る三次元位置検出装置による部材端部の検出動作説明図。

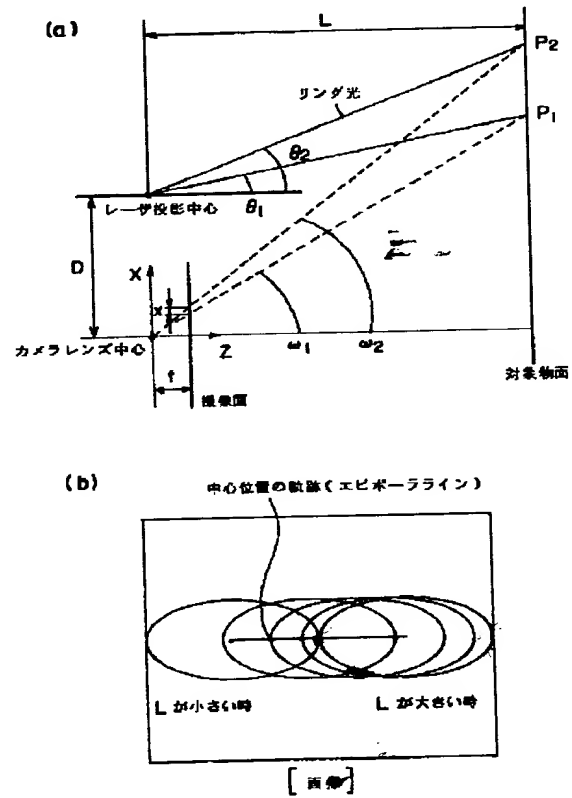
【符号の説明】

- 1…リングレーザ光源
- 2…レーザ光源駆動回路
- 3…カメラ
- 4…光学バンドパスフィルタ
- 5…画像メモリ
- 6…二値化回路
- 7…登録メモリ
- 8…相関演算器
- 9…画像座標検出手段
- 10…三次元座標計算手段
- 11…表示器
- 12…リングレーザ光
- 13…対象物
- 14…スリットレーザ光源
- 15…スリット光

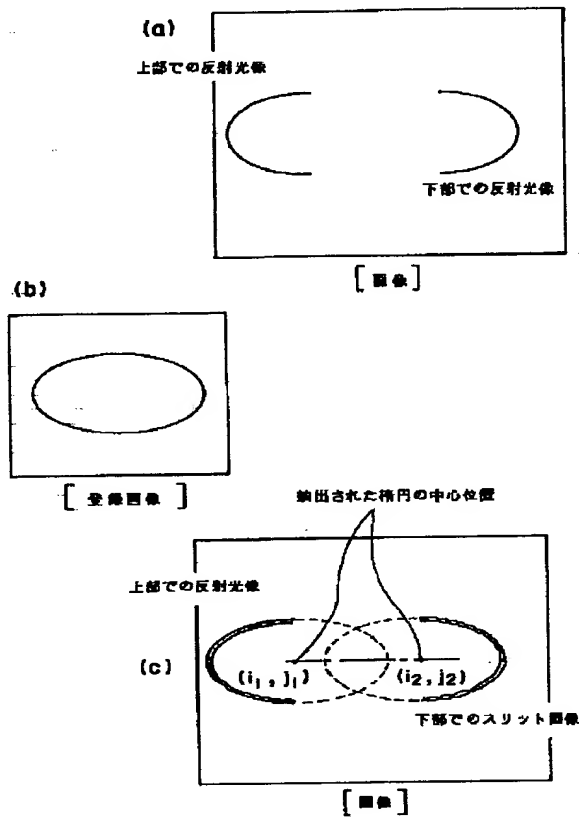
【図1】



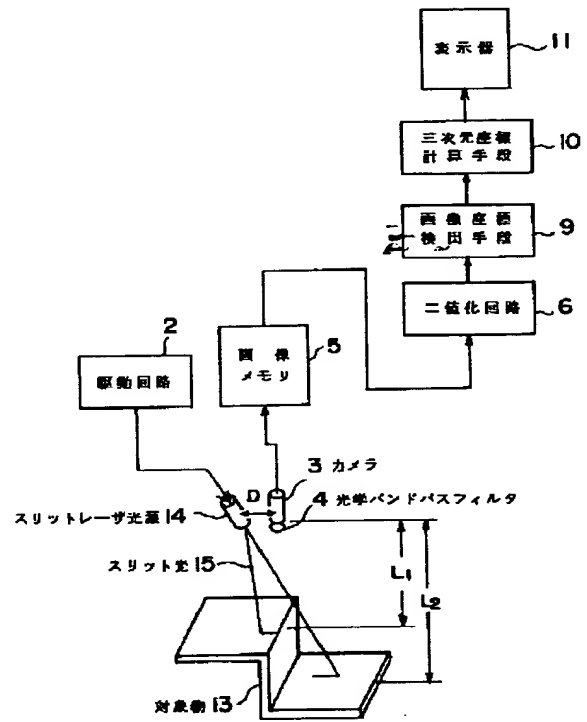
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

